



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109944652 B

(45)授权公告日 2020.06.16

(21)申请号 201910274565.1

(22)申请日 2019.04.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109944652 A

(43)申请公布日 2019.06.28

(73)专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 刘明 杨凯旋 张旭伟 严俊杰

邢秦安 种道彤

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务

所 61215

代理人 何会侠

(51)Int.Cl.

F01K 25/10(2006.01)

F01K 7/32(2006.01)

F01K 11/02(2006.01)

F22D 1/00(2006.01)

F22G 7/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104727868A ,2015.06.24,说明书0024-0028段.

CN 102767822A ,2012.11.07,权利要求1.

CN 105910090A ,2016.08.31,说明书0013段及说明书附图1.

CN 104976610A ,2015.10.14,说明书0010段.

US 2018087408A1 ,2018.03.29,全文.

CN 108661735A ,2018.10.16,

审查员 郭志鹏

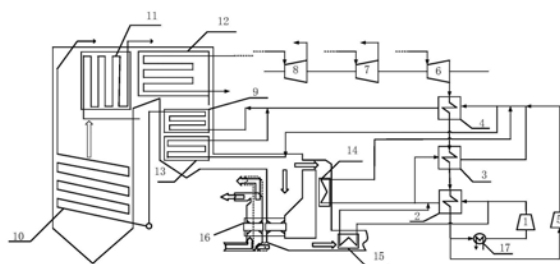
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统及运行方法

(57)摘要

本发明公开了一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统及运行方法,该系统包括主压缩机、再压缩机、预冷器、低温回热器、中温回热器、高温回热器、锅炉、高压透平、中压透平、低压透平;锅炉炉膛内通过布置过热气冷壁和中压再热器共同承担炉膛辐射热负荷,防止过热超临界二氧化碳超温;本发明从中温回热器出口分流部分中温超临界二氧化碳工质进入锅炉后竖井烟道高温烟气换热器吸收高温烟气热量,从低温回热器出口分流部分低温超临界二氧化碳工质进入锅炉尾部分流烟道中温烟气换热器吸收中温烟气热量,从主压缩机出口分流部分低温超临界二氧化碳工质进入锅炉尾部烟道低温烟气换热器吸收低温烟气热量,从而降低锅炉排烟温度,提高锅炉效率。



1. 一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统,其特征在于:包括依次相连通的预冷器(17)、主压缩机(1)、低温回热器(2)、中温回热器(3)、高温回热器(4)、省煤器(9)、过热气冷壁(10)、高压透平(8)、中压再热器(11)、中压透平(7)、低压再热器(12)和低压透平(6);还包括再压缩机(5)、回转式空气预热器(16)、高温烟气换热器(13)、中温烟气换热器(14)和低温烟气换热器(15);主压缩机(1)出口同时与低温回热器(2)冷侧工质入口和低温烟气换热器(15)入口相连通;低温回热器(2)冷侧工质出口同时与低温烟气换热器(15)出口、中温烟气换热器(14)入口和中温回热器(3)冷侧工质入口相连通;高温回热器(4)冷侧工质入口同时与中温回热器(3)冷侧工质出口、中温烟气换热器(14)出口、再压缩机(5)出口和高温烟气换热器(13)入口相连通,高温回热器(4)冷侧工质出口同时与高温烟气换热器(13)入口和省煤器(9)入口相连通;低温回热器(2)热侧工质出口同时与再压缩机(5)入口和预冷器(17)工质入口相连通;低压透平(6)排气依次在高温回热器(4)、中温回热器(3)和低温回热器(2)中放热,主压缩机(1)出口低温工质依次在低温回热器(2)、中温回热器(3)和高温回热器(4)中吸热;主压缩机(1)出口分流低温工质经过低温烟气换热器(15)吸热后返回中温回热器(3)入口;低温回热器(2)出口分流低温工质经过中温烟气换热器(14)吸热后返回高温回热器(4)入口;高温回热器(4)入口分流部分中温工质经过高温烟气换热器(13)吸热后返回省煤器(9)入口;冷空气在回转式空气预热器(16)中吸热后进入锅炉;所述过热气冷壁(10)、中压再热器(11)布置于炉膛,低压再热器(12)布置于水平烟道,省煤器(9)和高温烟气换热器(13)布置于竖井烟道,回转式空气预热器(16)和中温烟气换热器(14)分别布置于尾部分流烟道两侧,低温烟气换热器(15)布置于尾部烟道内,整体构成有尾部烟道分流装置的Π型锅炉。

2. 根据权利要求1所述的一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统,其特征在于:所述低压再热器(12)的入口烟气温度为630℃。

3. 权利要求1或2所述的一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统的运行方法,其特征在于:工质在主压缩机(1)中增压后,依次在低温回热器(2)、中温回热器(3)、高温回热器(4)以及锅炉内部的省煤器(9)和过热气冷壁(10)中吸热,温度升高后进入高压透平(8)部分膨胀做功,做功后温度和压力都降低,工质再次进入锅炉在中压再热器(11)中吸热,温度再次提高后进入中压透平(7)部分膨胀做功,做功后温度和压力都降低,工质再次进入锅炉在低压再热器(12)中吸热,温度再次提高后进入低压透平(6)完全膨胀做功,低压透平(6)排气依次在高温回热器(4)、中温回热器(3)和低温回热器(2)中放热后,分流成两股,一股经再压缩机(5)增压后与高温回热器(4)冷侧入口工质混合,另一股依次在预冷器(17)中冷却后,再次进入主压缩机(1),完成闭合循环;主压缩机(1)出口分流工质在低温烟气换热器(15)吸热后返回低温回热器(2)冷侧工质出口;低温回热器(2)冷侧工质出口分流工质在中温烟气换热器(14)吸热后返回高温回热器(4)冷侧工质入口;冷空气在回转式空气预热器(16)中吸热后进入锅炉炉膛辅助燃烧。

超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统及运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃煤发电技术领域,具体涉及一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统及运行方法。

背景技术

[0002] 世界能源需求随着经济的高速发展持续增长,我国连续17年稳居全球能源增长榜首。由于我国化石能源结构严重不平衡,煤炭一直是我国一次能源消费的主体。火电机组是我国煤炭的消费大户,每年的煤炭消费量约占全国煤炭消费总量的一半。因此,以燃煤为主的火力发电仍是我国主要发电方式。

[0003] 近年来,我国通过采用大容量高参数机组、各种联合循环、提高运行水平、以大压小关闭低容量低效率机组等方式,在火力发电行业取得了长足的进步,火电技术进步也从提高初参数、蒸汽再热等方式向全工况运行、余热深度利用等方向转变。因此,改变火电发展思路,革新火力发电技术,提高火电发电效率,对我国节能减排工作具有重要意义。

[0004] 超临界二氧化碳动力循环凭借其能量密度大、系统结构紧凑、循环效率高等特点。二氧化碳作为一种新型工质,无毒、不可燃,腐蚀性小,热稳定性,临界参数低;超临界状态的二氧化碳兼具有液体和气体的物理特性,密度大、粘性小、流动能力强、传热效率高、做功能力强。二氧化碳物性在临界点附近变化剧烈,当接近临界点时,密度急剧增大,压缩性减小,压缩机耗功减小,系统循环效率较高。超临界二氧化碳循环技术有良好的继承性,可基于现有的材料实现,避免开发耐高温镍基合金材料。超临界二氧化碳密度高,尺寸较小,结构紧凑,并且系统部件较少,初投资及维护成本较低。

[0005] 因此,超临界二氧化碳动力循环有望取代蒸汽动力循环,大幅提高燃煤发电效率。而由于锅炉炉膛辐射热负荷较高,过热二氧化碳在锅炉中的吸热负荷较低,而在炉膛布置只布置单一的过热气冷壁会导致过热二氧化碳超温,从而造成管道金属壁温超温,影响锅炉安全运行,所以需要对锅炉炉膛内的辐射受热面进行合理布置;低温超临界二氧化碳经低温回热器、中温回热器和高温回热器加热,导致锅炉入口超临界二氧化碳温度较高,无法充分利用锅炉尾部烟道烟气热量,造成锅炉排烟温度过高,锅炉效率下降,所以超临界二氧化碳动力循环系统构型有待进一步优化,急需通过合理布置加热器、回收烟气余热来提高循环效率。

发明内容

[0006] 为了解决上述现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统及运行方法,该锅炉炉膛内部上下布置中压再热器和过热气冷壁,共同承担炉膛辐射热负荷,减少过热二氧化碳吸热量,从而避免工质及金属壁温超温;该系统从高温回热器冷侧工质入口分流部分中温超临界二氧化碳吸收高温烟气热量,从低温回热器出口分流部分低温超临界二氧化碳吸收锅炉中温烟气热量,从主压缩机出口分流部分低温超临界二氧化碳吸收锅炉低温烟气热量,降低锅炉排烟温度,实现烟气热量

的梯级利用,提高锅炉效率,进而提高发电效率。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统,包括依次相连通的预冷器17、主压缩机1、低温回热器2、中温回热器3、高温回热器4、省煤器9、过热气冷壁10、高压透平8、中压再热器11、中压透平7、低压再热器12和低压透平6;还包括再压缩机5、回转式空气预热器16、高温烟气换热器13、中温烟气换热器14和低温烟气换热器15;低压透平6排气依次在高温回热器4、中温回热器3和低温回热器2中放热,主压缩机1出口低温工质依次在低温回热器2、中温回热器3和高温回热器4中吸热;主压缩机1出口分流低温工质经过低温烟气换热器15吸热后返回中温回热器3入口;低温回热器2出口分流低温工质经过中温烟气换热器14吸热后返回高温回热器4入口;高温回热器4入口分流部分中温工质经过高温烟气换热器13吸热后返回省煤器9入口;冷空气在回转式空气预热器16中吸热后进入锅炉;主压缩机1出口同时与低温回热器2冷侧工质入口和低温烟气换热器15入口相连通;低温回热器2冷侧工质出口同时与低温烟气换热器15出口、中温烟气换热器14入口和中温回热器3冷侧工质入口相连通;高温回热器4冷侧工质入口同时与中温回热器3冷侧工质出口、中温烟气换热器14出口、再压缩机5出口和高温烟气换热器13入口相连通,高温回热器4冷侧工质出口同时与高温烟气换热器13入口和省煤器9入口相连通;再压缩机5入口同时与预冷器17工质入口和低温回热器2热侧工质出口相连通。

[0009] 所述过热气冷壁10、中压再热器11布置于炉膛,低压再热器12布置于水平烟道,省煤器9和高温烟气换热器13布置于竖井烟道,回转式空气预热器16和中温烟气换热器14分别布置于尾部分流烟道两侧,低温烟气换热器15布置于尾部烟道内,整体构成有尾部烟道分流装置的II型锅炉。

[0010] 所述过热气冷壁10和中压再热器11布置在锅炉炉膛内部,共同承担炉膛辐射热负荷。

[0011] 所述高温回热器4冷侧工质入口分流部分中温工质进入高温烟气换热器13吸热后,进入省煤器9继续吸热。

[0012] 所述低压再热器12的入口烟气温度为630℃。

[0013] 所述低温回热器2冷侧工质出口分流部分低温工质在尾部分流烟道中温烟气换热器14吸收烟气热量,返回高温回热器4冷侧工质入口,用来降低排烟温度,减小锅炉排烟损失。

[0014] 所述主压缩机1出口分流低温工质在尾部烟道低温烟气换热器15吸收烟气热量,返回中温回热器3冷侧工质入口,用来进一步降低排烟温度,减小锅炉排烟损失。

[0015] 所述系统使用的工质为超临界二氧化碳。

[0016] 上述一项所述的一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统的运行方法,工质在主压缩机1中增压后,依次在低温回热器2、中温回热器3、高温回热器4以及锅炉内部的省煤器9和过热气冷壁10中吸热,温度升高后进入高压透平8部分膨胀做功,做功后温度和压力都降低,工质再次进入锅炉在中压再热器11中吸热,温度再次提高后进入中压透平7部分膨胀做功,做功后温度和压力都降低,工质再次进入锅炉在低压再热器12中吸热,温度再次提高后进入低压透平6完全膨胀做功,低压透平6排气依次在高温回热器4、中温回热器3和低温回热器2中放热后,分流成两股,一股经再压缩机5增压后与高温回热器4

冷侧入口工质混合,另一股依次在预冷器17中冷却后,再次进入主压缩机1,完成闭合循环;主压缩机1出口分流工质在低温烟气换热器15吸热后返回低温回热器2冷侧工质出口;低温回热器2冷侧工质出口分流工质在中温烟气换热器14吸热后返回高温回热器4冷侧工质入口;冷空气在回转式空气预热器16中吸热后进入锅炉炉膛辅助燃烧。

[0017] 和现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0018] 1本发明可以充分利用锅炉中低温烟气热量,降低锅炉排烟温度,且实现能量的梯级利用,提高锅炉效率。

[0019] 2本发明合理布置炉膛内辐射受热面,从而合理分配过热二氧化碳和一次再热二氧化碳在炉膛内的辐射吸热量,避免气冷壁金属壁温超温。

[0020] 3本发明采用三级回热再热再压缩超临界二氧化碳动力循环构型,系统循环效率较高。

附图说明

[0021] 图1为本发明一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统示意图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。

[0023] 如图1所示,一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统,包括依次相连接的预冷器17、主压缩机1、低温回热器2、中温回热器3、高温回热器4、省煤器9、过热气冷壁10、高压透平8、中压再热器11、中压透平7、低压再热器12和低压透平6;还包括再压缩机5、回转式空气预热器16、高温烟气换热器13、中温烟气换热器14和低温烟气换热器15;低压透平6排气依次在高温回热器4、中温回热器3和低温回热器2中放热,主压缩机1出口低温工质依次在低温回热器2、中温回热器3和高温回热器4中吸热;主压缩机1出口分流低温工质经过低温烟气换热器15吸热后返回中温回热器3入口;低温回热器2出口分流低温工质经过中温烟气换热器14吸热后返回高温回热器4入口;高温回热器4入口分流部分中温工质经过高温烟气换热器13吸热后返回省煤器9入口;冷空气在回转式空气预热器16中吸热后进入锅炉;主压缩机1出口同时与低温回热器2冷侧工质入口和低温烟气换热器15入口相连通;低温回热器2冷侧工质出口同时与低温烟气换热器15出口、中温烟气换热器14入口和中温回热器3冷侧工质入口相连通;高温回热器4冷侧工质入口同时与中温回热器3冷侧工质出口、中温烟气换热器14出口、再压缩机5出口和高温烟气换热器13入口相连通,高温回热器4冷侧工质出口同时与高温烟气换热器13入口和省煤器9入口相连通;再压缩机5入口同时与预冷器17工质入口和低温回热器2热侧工质出口相连通。

[0024] 作为本发明的优选实施方式,过热气冷壁10、中压再热器11布置于炉膛,低压再热器12布置于水平烟道,省煤器9和高温烟气换热器13布置于竖井烟道,回转式空气预热器16和中温烟气换热器14分别布置于尾部分流烟道两侧,低温烟气换热器15布置于尾部烟道内,整体构成有尾部烟道分流装置的Π型锅炉。

[0025] 作为本发明的优选实施方式,过热气冷壁10和中压再热器11布置在锅炉炉膛内部,共同承担炉膛辐射热负荷。

[0026] 作为本发明的优选实施方式,高温回热器4冷侧工质入口分流部分中温工质进入

高温烟气换热器13吸热后,进入省煤器9继续吸热。

[0027] 作为本发明的优选实施方式,低压再热器12的入口烟气温度为630℃。

[0028] 作为本发明的优选实施方式,低温回热器2冷侧工质出口分流部分低温工质在尾部部分流烟道中温烟气换热器14吸收烟气热量,返回高温回热器4冷侧工质入口,用来降低排烟温度,减小锅炉排烟损失。

[0029] 作为本发明的优选实施方式,主压缩机1出口分流低温工质在尾部烟道低温烟气换热器15吸收烟气热量,返回中温回热器3冷侧工质入口,用来进一步降低排烟温度,减小锅炉排烟损失。

[0030] 作为本发明的优选实施方式,系统使用的工质为超临界二氧化碳。

[0031] 如图1所示,本发明的一种超临界二氧化碳循环烟气余热回收燃煤发电系统的运行方法,工质在主压缩机1中增压后,依次在低温回热器2、中温回热器3、高温回热器4以及锅炉内部的省煤器9和过热气冷壁10中吸热,温度升高后进入高压透平8部分膨胀做功,做功后温度和压力都降低,工质再次进入锅炉在中压再热器11中吸热,温度再次提高后进入中压透平7部分膨胀做功,做功后温度和压力都降低,工质再次进入锅炉在低压再热器12中吸热,温度再次提高后进入低压透平6完全膨胀做功,低压透平6排气依次在高温回热器4、中温回热器3和低温回热器2中放热后,分流成两股,一股经再压缩机5增压后与高温回热器4冷侧入口工质混合,另一股依次在预冷器17中冷却后,再次进入主压缩机1,完成闭合循环;主压缩机1出口分流工质在低温烟气换热器15吸热后返回低温回热器2冷侧工质出口;低温回热器2冷侧工质出口分流工质在中温烟气换热器14吸热后返回高温回热器4冷侧工质入口;冷空气在回转式空气预热器16中吸热后进入锅炉炉膛辅助燃烧。

[0032] 本发明通过过热二氧化碳和一次再热二氧化碳共同吸收炉膛辐射热量,降低工质辐射吸热温度,从而使气冷壁金属材料温度不会超过金属耐温的极限温度,保证锅炉安全运行。利用中温回热器出口分流二氧化碳工质在高温烟气换热器中吸收热量,降低锅炉排烟温度,减少换热不可逆损失,同时从低温回热器冷侧工质出口分流部分低温超临界二氧化碳那在中温烟气换热器中吸热,利用回转式空气预热器吸收部分中温烟气热量,从再压缩机出口分流出部分低温超临界二氧化碳在低温烟气换热器中吸热,这种方式可以全部吸收锅炉尾部中低温烟气的热量,实现能量的梯级利用,提高锅炉效率。此外,采用三级回热再热再压缩超临界二氧化碳动力循环构型,系统循环效率较高,从而提高发电效率。

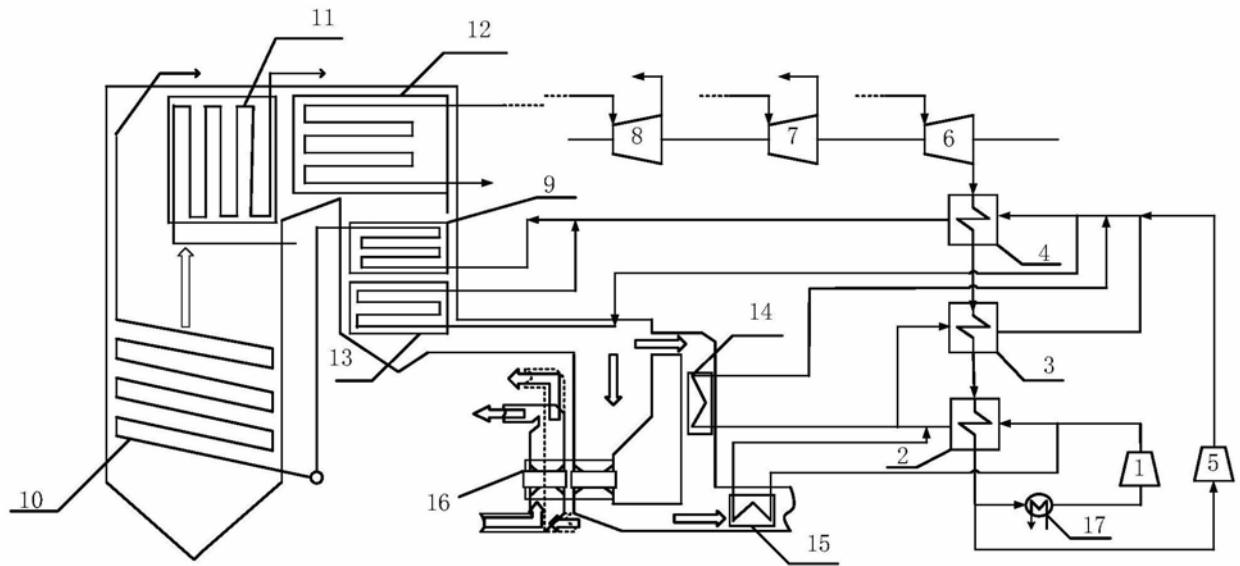


图1